

#5/Priority Paper  
3/28/02 EB



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Hideyoshi HORIE, et al.**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **November 29, 2001**

For: **SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

November 29, 2001

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 2000-362511, filed November 29, 2000**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI  
McLELAND & NAUGHTON, LLP

Mel R. Quintos  
Reg. No. 31,898

Atty. Docket No.: 011606  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
MRQ/II

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

J1000 U.S. PTO  
09/995802  
11/29/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-362511

出 願 人

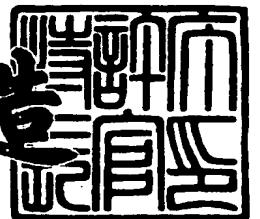
Applicant(s):

三菱化学株式会社

2001年11月 9日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3097981

【書類名】 特許願

【整理番号】 A01453J

【提出日】 平成12年11月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明の名称】 半導体発光装置

【請求項の数】 12

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県牛久市東獺穴町 1 0 0 0 番地 三菱化学株式会社  
                        筑波事業所内

    【氏名】 堀江 秀善

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県牛久市東獺穴町 1 0 0 0 番地 三菱化学株式会社  
                        筑波事業所内

    【氏名】 新居 信広

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県牛久市東獺穴町 1 0 0 0 番地 三菱化学株式会社  
                        筑波事業所内

    【氏名】 小室 直之

【特許出願人】

    【識別番号】 000005968

    【氏名又は名称】 三菱化学株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100095843

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 釜田 淳爾

    【連絡先】 0 3 - 3 2 7 1 - 1 3 3 1

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092635

    【弁理士】

【氏名又は名称】 塩澤 寿夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096219

【弁理士】

【氏名又は名称】 今村 正純

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 048046

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9805687

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも、一つの端面発光型の半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクを有する半導体発光装置において、当該半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部が第一ヒートシンクに接し、かつ、当該半導体発光素子の第二導電型側の電極の少なくとも一部が第二ヒートシンクに接し、かつ、半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接していることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】 前記半導体発光素子の第一導電型側の電極の前端面近傍が第一ヒートシンクに接しておらず、かつ、前記半導体発光素子の第二導電型側の電極の前端面近傍が第二ヒートシンクに接していることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】 前記第一ヒートシンクの半導体発光素子と接する面が、半導体発光素子と接しない少なくとも 1 つの面との間に実効的な導電性を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】 前記第二ヒートシンクの半導体発光素子と接する面が、半導体発光素子と接しない全ての面との間に導電性を有しないことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 5】 少なくとも前記半導体発光素子、前記第一ヒートシンク、前記第二ヒートシンクのいずれかに接している、半導体発光素子に対して電流導入するための導線の直径が  $35\mu\text{m}$  以下であり、かつ、1 対の短絡されていない部分同士が複数本の導線によって短絡されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 6】 前記第一ヒートシンクと前記第二ヒートシンクとの接合部近傍に、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクとの接合時に接着剤が流れ込むことができ、該流れ込んだ接着剤が前記半導体発光素子に到達しないように構成されている空間が確保されていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導

体発光装置。

【請求項 7】 前記半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部が第一の接着剤を介して第一ヒートシンクに接し、かつ、第一ヒートシンクの少なくとも一部が第二の接着剤を介して第二ヒートシンクに接し、かつ、前記第二の接着剤の総重量が、前記第一の接着剤の総重量の 2 倍以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 8】 前記第二の接着剤の総重量が、前記第一の接着剤の総重量の 5 倍以上であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体発光装置。

【請求項 9】 前記半導体発光素子の少なくとも一方の電極が Au 層を有しており、該 Au 層の厚みが 30 ～ 100 nm あることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 10】 前記第一導電型側が p 型で、前記第二導電型が n 型であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 11】 前記半導体発光素子が半導体レーザであり、かつ、その前端面側に光ファイバーを具備する半導体レーザモジュールであることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 12】 前記光ファイバーの先端が、集光機能を有し、かつ、前記半導体レーザの前端面と光学的に直接結合する様に加工されていることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体発光素子、特に半導体レーザを含む半導体発光装置に関するものである。本発明は、光ファイバー増幅器用励起光源や光情報処理用の光源等のように、高出力かつ長寿命であることを要求されるなど、半導体発光素子の良好な放熱性が特性上重要である場合に好適に利用することができる。また本発明は、半導体発光素子の良好な放熱性と光ファイバーの直接カップリングを簡便な方法で両立させたい場合などにも好適に応用することができる。

【0002】

## 【従来の技術】

近年における光情報処理技術、光通信技術の進展には枚挙に暇がない。

例えば、通信分野においては、今後の情報通信（IT）時代に本格的に対応する大容量の光ファイバー伝送路とともに、その伝送方式に対する柔軟性を持つ信号増幅用のアンプとして、 $\text{Er}^{3+}$ 等の希土類をドープした光ファイバー増幅器（EDFA）の研究が各方面で盛んに行なわれている。そして、EDFAのコンポーネントとして不可欠な要素である、高効率な励起光源用の半導体レーザの開発が待たれている。

## 【0003】

EDFA応用に供することのできる励起光源の発振波長は、原理的に800 nm、980 nm、1480 nmの3種類が存在する。このうち増幅器の特性から見れば980 nmでの励起が、利得やノイズ等を考慮すると最も望ましいことが知られている。このような980 nmの発振波長を有するレーザは、励起光源として高出力でありながら長寿命であるという相反する要求を満たすことが要求されている。さらにこの近傍の波長、例えば890～1150 nmにおいてはSHG光源、レーザプリンタ用の熱源としての要求もあり、その他種々の応用面においても高出力で信頼性の高いレーザの開発が待たれている。

また、情報処理分野では高密度記録、高速書き込みおよび読み出しを目的として半導体レーザの高出力化、短波長化が進んでいる。従来の780 nm発振波長のレーザダイオード（以下「LD」という）に関しては高出力化が強く望まれており、また、630～680 nm帯のLDの開発も各方面で精力的に行われている。

## 【0004】

これまで980 nm近傍の半導体レーザについては、その研究が進み、日米をつなぐ大容量光通信用海底ケーブルの中などで実用化が進んでいる。しかしながら、より高い光出力における動作では急速な劣化がおこり、信頼性は不十分である。これは780 nm帯、630～680 nm帯のLDにおいても同様である。

## 【0005】

信頼性が不十分であることの原因の1つは、発熱による影響である。上記で述

べたような半導体レーザは、効率の高い場合においても、入力した電力の50%程度しか光に変換されず、残りの入力電力は熱になってしまうのが普通である。このため、特に高出力動作をさせたい場合には発熱の影響によって、最大光出力の低下、レーザの効率の悪化、電流光出力特性の直線性の悪化が顕著になってしまう。さらにこの様な高出力動作状態で十分な放熱をとらないと寿命特性の悪化も懸念されることになる。

#### 【0006】

通常の半導体レーザにおいては素子単体の一方の電極面を、AlN、Siなどからなるサブマウントと呼ばれるヒートシンクにハンダ付けすることで接触を取り、これによって放熱機能を持たせている。本明細書では、半導体発光素子とこれらヒートシンクとしての機能を有するサブマウントを一体化したものを、COS (chip on submount) と記述する。また、本明細書では、半導体発光素子そのものに対して少なくとも放熱性の機能を追加したものを半導体発光装置と記述する。したがって、前記COSは、1種の半導体発光装置であって、これはさらにキャンパッケージ、あるいはバタフライパッケージに組み立てられるが、これらパッケージもさらなる機能を付加された半導体発光装置である。

#### 【0007】

キャンパッケージを作製する際には、COSをステムと呼ばれるさらなる放熱と電流注入機能を持たせた部品に搭載し、電流注入に必要な結線（ワイヤリング）を行ない、窒素雰囲気中などで窓材を持つキャップを用いて封止し、半導体発光装置として完成させるのが普通である。またバタフライパッケージを作製する際にはCOSをOSA (optical sub-assembly) と呼ばれる、放熱の機能を有し、かつ、PD (photo diode) を始めとする複数の部品を一体化するための部品に搭載し、さらに光ファイバーなどと半導体素子を光学的に結合させ、半導体発光装置を完成させる。

#### 【0008】

いずれの場合においても半導体発光素子はその電極面の一方からのみ放熱のための接触をとるのが普通である。半導体発光素子の基板側にヒートシンクを接触させる構造はジャンクションアップ（フェイスアップ）と呼ばれ、また素子のエ



ピタキシャル層側をヒートシンクに接触させる構造はジャンクションダウン（フェイスダウン）と呼ばれている。

【 0 0 0 9 】

ジャンクションアップでマウントする際には素子の発光点がサブマウントなどのヒートシンクからほぼ素子の厚み分だけ離れるために、マウントが容易であり、広く実施されている。しかし、放熱性においては素子の発光部分がヒートシンクから離れて配置されるために、不利であり、半導体レーザなどの半導体発光素子の高出力動作には必ずしも適さない方法である。

一方、この放熱性の観点からは素子をジャンクションダウンでヒートシンクにマウントする方が有利であるが、昨今の半導体レーザの高出力化の要請からは、十分ではなく、さらなる放熱性の改善が望まれている。

【 0 0 1 0 】

これまで、半導体発光素子、特に半導体レーザにおけるさらなる放熱性の改善の提案はいくつかなされている。例えば、特開平 2 - 3 0 6 6 8 1 号公報には半導体レーザの放熱を素子の上下方向から同時に行なう方法が開示されている。また、類似の方法が特開平 8 - 2 2 8 0 4 4 号公報、特開平 8 - 2 2 8 0 4 5 号公報にも開示されている。しかし、これらの方法では、再現性良く開示の構造を作製することは困難である。

これは、一般に発生する各部材の寸法の誤差、たとえば、半導体発光素子の厚みの誤差、あるいは半導体発光素子を挟みこむヒートシンクの作製寸法の誤差等が全く考慮されていないためである。

【 0 0 1 1 】

一般に半導体レーザを作製する際には、プロセスを遂行するための機械的な強度を保つために基板は  $350\mu\text{m}$  程度の厚みのものが用いられ、 $n$  電極あるいは、劈開工程前に劈開性を確保するために、これをポリッシングすることによって厚みを  $100\sim 150\mu\text{m}$  程度にすることが一般的である。しかし、この工程では  $5\sim 15\mu\text{m}$  程度の厚みの誤差が発生し、これがひいては素子ごとの誤差となるのが普通である。また、前記特開平 2 - 3 0 6 6 8 1 号公報における、素子上部に配置される放熱用の金属部材、また特開平 8 - 2 2 8 0 4 4 号公報、特開平

8-228045号公報における凹型の放熱部材にも加工上の誤差が発生する。このため、これら出願で開示されている構造を、再現性良く作製することは組み立ての誤差を考慮すると、現実的には非常な困難を伴う。

【0012】

このような不安定な状態で無理やりに放熱部材を半導体発光素子に接合しようとすると、その寸法の誤差によって、素子あるいは放熱部材などを歪ませて接合することになり、素子の寿命特性に大きな悪影響を与えてしまう。

【0013】

このような組み立ての再現性や実現性に配慮して、かつ、上下方向のへの放熱性も確保した方法としては、特開平11-340581号公報記載の方法がある。この方法では、レーザダイオードの発光面の位置を制御するスペーサ層が後端面側に設けられており、精度良く上下の放熱機構を実現することが可能である。しかしながら、スペーサ層は後端面側に配置されるため、通常行われる後端面側からの光のモニターが不可能になってしまう。

一般に半導体発光素子のパッケージ中にはフォトダイオードが組み込まれ後端面からわずかに出射される光を電流に変換し、これによって、前端面側から出射される光量を制御、あるいはモニターすることが行なわれるが、特開平11-340581号公報記載の方法では、この機能を放棄せざるを得ない問題に直面してしまう。

【0014】

さらに、これらいずれの方法においても、半導体レーザの、特に、発光点側が搭載されるサブマウントとの搭載精度は非常に良好に保たないと光ファイバーとレーザを光学的に直接結合させることはできない。これは、光ファイバーと半導体レーザを光学的に直接結合させようとする、それぞれの端部の距離は2~3  $\mu\text{m}$ となるため、半導体レーザがサブマウントの端部に対しても、これを同程度の精度で搭載される必要が発生するということである。例えば半導体レーザ前端面がサブマウント端に対して2~3  $\mu\text{m}$ を越えて後方に置かれてしまった場合にはファイバー端はサブマウント端に阻まれて半導体レーザ端面に焦点を結ぶことができなくなってしまう。一方、半導体レーザ端面がサブマウントエッジに対し

て前方に置かれた場合は、半導体レーザからの発熱をサブマウントが吸収できなくなるため、素子の寿命に多大な悪影響をおよぼしてしまう等の問題が存在した。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記の従来技術の問題点を解決することを課題とした。

具体的には、本発明は、半導体発光素子に対して優れた放熱機能が与えられており、半導体発光装置を構成する部材あるいは素子に寸法誤差が存在していても容易にかつ非常に再現性よく組み立てることが可能であり、さらに光ファイバー等との光学的結合も容易である半導体発光装置を提供することを課題とした。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明者は鋭意検討を重ねた結果、半導体発光素子を上下から2つのヒートシンクで挟み込み、ヒートシンク同士の接合を特定の空間に限定することにより、所期の効果を示す優れた半導体発光装置を提供し得ることを見出し、本発明の到達した。

【0017】

すなわち本発明は、少なくとも、一つの端面発光型の半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクを有する半導体発光装置において、当該半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部が第一ヒートシンクに接し、かつ、当該半導体発光素子の第二導電型側の電極の少なくとも一部が第二ヒートシンクに接し、かつ、半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接していることを特徴とする半導体発光装置を提供する。

【0018】

本発明の半導体発光装置の好ましい態様として、前記半導体発光素子の第一導電型側の電極の前端面近傍が第一ヒートシンクに接しておらず、かつ、前記半導体発光素子の第二導電型側の電極の前端面近傍が第二ヒートシンクに接している態様；前記第一ヒートシンクの半導体発光素子と接する面が、半導体発光素子と

接しない少なくとも1つの面との間に実効的な導電性を有する態様；前記第二ヒートシンクの半導体発光素子と接する面が、半導体発光素子と接しない全ての面との間に導電性を有しない態様；少なくとも前記半導体発光素子、前記第一ヒートシンク、前記第二ヒートシンクのいずれかに接している、半導体発光素子に対して電流導入するための導線の直径が $35\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、1対の短絡されていない部分同士が複数本の導線によって短絡されている態様；前記第一ヒートシンクと前記第二ヒートシンクとの接合部近傍に、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクとの接合時に接着剤が流れ込むことができ、該流れ込んだ接着剤が前記半導体発光素子に到達しないように構成されている空間が確保されている態様；前記半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部が第一の接着剤を介して第一ヒートシンクに接し、かつ、第一ヒートシンクの少なくとも一部が第二の接着剤を介して第二ヒートシンクに接し、かつ、前記第二の接着剤の総重量が、前記第一の接着剤の総重量の2倍以上、好ましくは5倍以上である態様；前記半導体発光素子の少なくとも一方の電極がAu層を有しており、該Au層の厚みが $30\sim 100\text{nm}$ ある態様；前記第一導電型側がp型で、前記第二導電型がn型である態様；前記半導体発光素子が半導体レーザであり、かつ、その前端面側に光ファイバーを具備する半導体レーザモジュールである態様；前記光ファイバーの先端が、集光機能を有し、かつ、前記半導体レーザの前端面と光学的に直接結合する様に加工されている態様を挙げることができる。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

以下において、本発明の半導体発光装置について詳細に説明する。なお、本明細書において「 $\sim$ 」はその前後に記載される数値をそれぞれ最小値および最大値として含む範囲を意味する。

## 【0020】

本発明の半導体発光装置とは、前述の様に少なくとも放熱性の機能を追加された半導体発光素子を含む装置を意味する。この意味で、前記COSは1種の半導体発光装置である。また、半導体発光装置には、半導体発光素子を含むCOSに対して、電流注入を実現するためのワイヤリング、気密をとるための封止等を行

なったいわゆるキャンパッケージ、あるいはC O Sに含まれる半導体発光素子と光ファイバーを光学的に結合させるための機能を有する発光素子モジュール等、C O Sを含み発光素子に対するさらなる放熱性、温度安定化、電流注入、密閉、光出力のモニタリング、波長の安定化、波長選択、合波、分波、ファイバーとの結合等の熱的、機械的、電気的、光学的機能を付加した装置が含まれる。また、これら機能を有する装置同士を機能的に結合させたもの、たとえば発光素子モジュール同士を結合させたモジュールも、ここでいう半導体発光装置である。またいわゆる光ピックアップ等も半導体発光装置に含まれる。

#### 【 0 0 2 1 】

一方、半導体発光素子とは、2つの導電型を示す半導体材料からなり、これらに対応する電極を有する端面発光型の素子であれば、これを構成する材料、素子の構造、発光のメカニズム等は特に制限されない。本明細書では、半導体発光素子という語を発光素子そのものを示す言葉として用いる。この中には発光ダイオード、スーパーluminescentダイオード、半導体レーザ等が含まれ、1つの素子に発光点を1つ有する素子のみならず、一つの素子の中に発光点が複数存在するマルチエミッター、また、複数の素子が棒状に連なったレーザバー等も含まれる。

#### 【 0 0 2 2 】

本発明の半導体発光装置は、少なくとも一つの端面発光型の半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクを有する。そして、半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部はが第一ヒートシンクに接し、かつ、当該半導体発光素子の第二導電型側の電極の少なくとも一部は第二ヒートシンクに接しており、かつ、半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接している点に特徴がある。

本発明の半導体発光装置は、このような条件を満たすものであれば特にその構造は制限されない。したがって、半導体発光装置は半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンク以外構成要素を含んでもかまわない。

#### 【 0 0 2 3 】

なお、本明細書において使用する「接する」または「接合」という用語は、半導体発光素子とヒートシンクなどが直接介在するもの無しに接触している場合と、これら半導体発光素子とヒートシンクなどが、例えば熱的に良好な結合を実現するために、接着剤を介して接合している場合と、さらには、接着剤が厚い場合などに見られるように、半導体発光素子とヒートシンクが直接接触しなくとも、機能として接触した状態が実現できている場合のいずれの状態も含むものである。またヒートシンクが金属などで被われている場合もあり、物理的にその接触界面が、ヒートシンク材料／表面を被う金属／ハンダ材／表面を被う金属／ヒートシンク材料といった具合に存在する場合にも、「ヒートシンク同士が接している」と表現する。

また、本明細書において使用する「接着剤」という用語は、半導体発光素子とヒートシンクを接合させることができる接着性材料全般を含むものである。本発明で用いる接着剤は、半導体発光素子の熱がヒートシンクに放熱されるように、熱伝導性を有することが必要とされる。以下の説明では、接着剤の好ましい代表例としてハンダを例示しつつ説明するが、本発明で用いることができる接着剤はハンダに限定されるものではない。

#### 【0024】

以下において、本発明の半導体発光装置の好ましい構成例およびその製造法について具体的に説明する。本発明の半導体発光装置の一例を図1、図2に示す。図1は発光素子の光の出射方向から見たもので、図2はこれを発光素子の第一導電型用の電極側から見たものである。

#### 【0025】

また、本発明の半導体発光装置に含まれる半導体発光素子の一例を図4に示す。この半導体発光素子は半導体基板上に形成され、屈折率導波構造を有し、第二導電型クラッド層が二層に分かれ、第二導電型第二クラッド層と電流ブロック層とにより電流注入領域を形成し、さらに電極との接触抵抗を下げるためのコンタクト層を有する半導体レーザである。

#### 【0026】

図4は、本発明の好適な実施態様である半導体発光素子におけるエピタキシャ

ル構造の一例としてグループ型の半導体発光素子の構成を示した概略断面図である。この半導体発光素子の一例の構造は概略的に、化合物半導体からなる基板101上に、バッファ層102、第一導電型クラッド層103、活性層104、第二導電型第一クラッド層105を積層し、その上に、ストライプ状に開口された電流ブロック層106およびキャップ層107が積層されている。さらに電流ブロック層106の開口した開口部および該開口部両脇の電流ブロック層上に積層するように第二導電型第二クラッド層108が形成され、その第二導電型第二クラッド層108上にコンタクト層109が形成されている。そして、この化合物半導体層の上下には電極110、111が形成される。

## 【0027】

なお、本明細書において「A層の上に形成されたB層」という表現は、A層の上面にB層の底面が接するようにB層が形成されている場合と、A層の上面に1以上の層が形成されさらにその層の上にB層が形成されている場合の両方を含むものである。また、A層の上面とB層の底面が部分的に接していて、その他の部分ではA層とB層の間に1以上の層が存在している場合も、上記表現に含まれる。具体的な態様については、以下の各層の説明と実施例の具体例から明らかである。また、本明細書において元素の「族」の記載としてローマ数字を用いるが、この記載は旧来の表現方法に従ったものである。

## 【0028】

図4において、本発明の半導体発光素子を構成する基板101は、その上にダブルヘテロ構造の結晶を成長することが可能なものであれば、その導電性や材料については特に限定されない。好ましいものは、導電性がある基板である。

具体的には、基板101としては、所望の発振波長、格子整合性、意図的に活性層等に導入される歪、ガイド層等に用いられる活性層の歪み補償等の点から、InP、GaAs、GaN、InGaAs等の単結晶基板を用いることができる。また基板101が $Al_2O_3$ 等の誘電体で構成される場合であっても、基板上に結晶成長されるものが半導体であるため、本発明の実施態様に含まれる。このため、例えば基板101として、 $Al_2O_3$ のような誘電体基板を用いることもできる。

## 【0029】

基板101は、V族としてAs、P等を含むIII-V族半導体発光素子における格子整合性の観点から、InP基板やGaAs基板であることが好ましい。また基板101は、V族としてAsを含む場合にはGaAs基板であることがさらに好ましい。

また、基板101が $Al_2O_3$ 等の誘電体基板である場合、III-V族半導体発光素子の中でもV族としてN等を含む材料を使用することもできる。

## 【0030】

基板101は、いわゆるジャスト基板だけではなく、エピタキシャル成長の際の結晶性を向上させる観点から、いわゆるオフ基板 (miss oriented substrate) であることもできる。オフ基板は、ステップフローモードでの良好な結晶成長を促進する効果を有するため、基板として広く使用される。オフ基板としては、0.5～2度程度の傾斜を持つものが広く一般的に用いられるが、量子井戸構造を構成する材料系によっては傾斜を10°前後にしたものも用いることができる。

## 【0031】

基板101は、MBEまたはMOCVD等の結晶成長技術を利用して半導体発光素子を製造するために、あらかじめ化学エッチングや熱処理等を施しておいてもよい。

使用する基板101の厚みとしては、通常350 $\mu$ m程度のものであり、半導体発光素子の作製プロセスにおける機械的強度が確保される。また基板101は、半導体発光素子の端面を形成するために、通常プロセス途中で薄くポリッシングされる。

## 【0032】

バッファ層102は、基板バルク結晶の不完全性を緩和し、結晶軸を同一にしたエピタキシャル薄膜の形成を容易にするために設けることが好ましい。バッファ層102は、基板101と同一の化合物で構成するのが好ましい。基板101がGaAsからなる場合には、通常GaAsが使用される。しかし、超格子層をバッファ層102に使用することも広く行われており、同一の化合物で形成され



ない場合もある。一方、基板101が誘電体基板である場合には、必ずしも基板と同一の物質である必要はなく、所望の発光波長、デバイス全体の構造から適宜基板101とは異なる材料を選択することもできる。

#### 【0033】

バッファ層102の厚さとしては、 $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

#### 【0034】

第一導電型クラッド層103は、一般的には活性層104の平均的屈折率より小さな屈折率を有する材料で構成される。また、第一導電型クラッド層103の材料としては、所望の発振波長を実現するために準備される基板101、バッファ層102、活性層104等により適宜選択することができる。例えば、基板101としてGaAsを使用し、バッファ層102としてGaAsを使用する場合には、第一導電型クラッド層103としてAlGaAs系材料、InGaAs系材料、AlGaInP系材料、InGaP系材料等を用いることができる。また第一導電型クラッド層103の全体を超格子構造とすることもできる。

なお、図4の一例では単層からなる第一導電型クラッド層を示すが、第一導電型クラッド層103は、2層以上の層からなるものであってもよい。第一導電型クラッド層103の厚みとしては $0.05 \sim 3.5 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

#### 【0035】

また、第一導電型クラッド層103のキャリア濃度としては、下限は $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。

#### 【0036】

本発明の半導体発光装置による放熱性改善の効果は、活性層104の導電型、材料、構造等の如何によらず認められるが、材料選択の観点からは、活性層104はInおよび/またはGaを含む系、特にInを含む系であるものが好ましい。最も好ましいのはInおよびGaを含む系である。活性層104がInおよびGaを含む系であれば、種々の態様に応用したときに、これらの材料系によって実現される波長帯が長寿命と高出力という相反する特性を要求される可能性が最

も大きい。このため、本発明の半導体発光装置による放熱性が向上することに伴い、本発明の半導体発光素子の特性の向上にも大きく寄与し得ることが期待できる。

#### 【0037】

上記の観点より活性層104の材料としては、AlGaAs、InGaAs、InGaP、AlGaInP、AlInGaAs、InGaAsP、GaAsPなどを用いることができ、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) または  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) であることが好ましい。高出力レーザを実現するためには、活性層104は量子井戸構造をとることが特に好ましい。量子井戸構造の材料は、所望する発振波長に応じて適宜選択することができる。

#### 【0038】

活性層104の構造は、単一の層からなる通常バルク活性層でもよいが、単一量子井戸(SQW)構造、二重量子井戸(DQW)構造、多重量子(MQW)構造等の量子井戸構造も目的に応じて採用することができる。量子井戸構造には、通常、光ガイド層が併用され、必要に応じて量子井戸の分離のために障壁層が併用される。活性層104の構造としては、量子井戸の両側に光ガイド層を設けた構造(SCH構造)、光ガイド層の組成を徐々に変化させることにより屈折率を連続的に変化させた構造(GRIN-SCH構造)等を採用することができる。また、レーザの特性改善のために歪み量子井戸構造を用いることもできる。さらに活性層104全体としては、歪みが打ち消されるように、光ガイド層の材料等を量子井戸層の有する歪みと逆の歪みを持つように選択することもできる。

活性層104の厚さとしては、量子井戸構造の場合、1層当たり0.5～20nmであることが好ましい。

#### 【0039】

光ガイド層の材料としては、例えばGaAs、AlGaAs、InGaAs、InGaP、AlGaInP、AlInGaAs、InGaAsP、GaAsPなどを挙げることができ、活性層103の材料に対応させて適宜選択することができる。また、光ガイド層は前記材料を組み合わせた超格子とすることも可能で

ある。さらに、量子井戸と光ガイド層の間に意図的にバンドギャップの大きな材料を挿入して、温度特性の改善を行うことも可能である。

#### 【0040】

活性層104の上には、第2導電型クラッド層が形成される。本発明の第二導電型クラッド層は2層以上形成する。以下の説明では、活性層104に近い方から順に第二導電型第一クラッド層105と第二導電型第二クラッド層108の2層を有する好ましい態様を例にとって説明する。

#### 【0041】

第二導電型第一クラッド層105は、活性層104よりも屈折率の小さい材料で形成される。第二導電型第一クラッド層105の材料は、基板101、バッファ層102、活性層104等の材料に応じて適宜選択される。例えば、基板101およびバッファ層102としてGaAsが使用されている場合には、これらのクラッド層の材料としてAlGaAs、InGaAs、InGaP、AlGaInP、AlInGaAs、InGaAsP、GaAsP等を用いることができる。

#### 【0042】

第二導電型第一クラッド層105のキャリア濃度は、下限は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。厚さの下限としては $0.01 \mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $0.07 \mu\text{m}$ 以上が最も好ましい。上限としては、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $0.2 \mu\text{m}$ 以下が最も好ましい。

#### 【0043】

電流ブロック層106は、電極から注入される電流をブロックして下層方向に電流が実質的に流れないようにすることが要求される。このため電極の導電型は、第一導電型クラッド層103と同一かまたはアンドープとすることが好ましい。

#### 【0044】

また、電流ブロック層106の厚さについては、電流をブロックして下層方向に電流が実質的に流れないようにできれば特に限定はない。電流ブロック層106の厚さとしては、 $0.3 \sim 2 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

## 【0045】

電流ブロック層106が例えば $\text{AlGaAs}$ で形成される場合には、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0 < y \leq 1$ ) で形成される第二導電型第二クラッド層108の屈折率よりも電流ブロック層106の屈折率の方が小さいことが好ましい。そして、電流ブロック層106が $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $0 \leq z \leq 1$ ) からなる場合であれば、混晶比が $z > y$ となることが好ましい。

## 【0046】

電流ブロック層106は、光分布（特に横方向の光分布）を制御したり電流阻止の機能を向上させるために、屈折率、キャリア濃度または導電型が異なる2つ以上の層から形成してもよい。電流ブロック層の106上には、後述するキャップ層107を形成して表面酸化の抑制あるいはプロセス上の表面保護を図ることができる。

## 【0047】

キャップ層107は、第1回目の成長において電流ブロック層106の保護層として用いられると同時に第二導電型第二クラッド層108の成長を容易にするために用いられる。キャップ層107の導電型は特に規定されないが、第一導電型とすることにより電流阻止機能の向上を図ることができる。

なお、キャップ層107は、最終的な半導体発光素子構造が形成される前に一部または全部が除去される。

## 【0048】

第一導電型クラッド層105およびキャップ層107の上側層として、第二導電型第二クラッド層108が形成される。第二導電型第二クラッド層108は、電流ブロック層106の間に形成される開口部の上側表面をすべて覆い且つこの開口部の両脇の電流ブロック層106上の一部に延在されるように形成される。

## 【0049】

第二導電型第二クラッド層108のキャリア濃度は、下限は $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$

以上が好ましく、 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。

#### 【0050】

第二導電型第二クラッド層108の厚さは、薄くなりすぎると光閉じ込めが不十分となり、厚くなりすぎると通過抵抗が増加してしまうことを考慮して、下限は $0.5 \mu\text{m}$ 以上が好ましく、上限は $3.5 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。また、第二導電型第二クラッド層108の屈折率は、通常、活性層104の屈折率より小さい。

#### 【0051】

第二導電型第二クラッド層108上には電極110との接触抵抗率を下げる等の目的で、コンタクト層109を設けるのが好ましい。コンタクト層109の材料は、通常はクラッド層よりバンドギャップが小さい材料の中から選択し、金属電極とのオーミック性を取るため低抵抗で適当なキャリア密度を有するのが好ましい。キャリア密度の下限は、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は、 $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。コンタクト層の厚みは、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ が好ましく、 $1 \sim 8 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $2 \sim 6 \mu\text{m}$ がもっとも好ましい。

#### 【0052】

本発明の好適な実施態様である半導体発光素子は、単一横モード発振する高出力半導体レーザである。このため、電流ブロック層106と第二導電型第二クラッド層108で形成される実効的屈折率差と、電流ブロック層106中に形成される第二導電型第二クラッド層の幅108（図4のWb）は、高次モードがカットオフとなるように選択することが好ましい。単一横モード発振する半導体レーザでは、一般にその発光点の大きさが数 $\mu\text{m}$ となる。したがって、高性能化のためには局所的な発熱を解消することが必要となる。このよう観点からWbの幅は $1.0 \sim 3.0 \mu\text{m}$ であることが好ましい。また、実効屈折率差は $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ であることが望ましい。

## 【 0 0 5 3 】

図 4 に示す半導体発光素子は、さらにコンタクト層 1 0 9 の上側層に電極 1 1 0 が形成される。電極 1 1 0 が p 型である場合、コンタクト層 1 0 9 表面に例えば T i / P t / A u を順次に蒸着することによって形成され得る。

## 【 0 0 5 4 】

電極 1 1 0 を形成した後、基板 1 0 1 は、その厚みを 1 0 0 ~ 1 5 0  $\mu$  m 程度にポリッシングされる。この工程における厚み誤差は、1 枚の基板内またはポリッシング毎に 5 ~ 1 5  $\mu$  m 程度であることが望ましい。

## 【 0 0 5 5 】

最後に、半導体発光素子は、電極 1 1 1 を形成して完成される。電極 1 1 1 が n 型電極である場合、例えば、A u G e / N i / A u を基板表面に順に蒸着した後、合金化処理することによって形成することができる。

## 【 0 0 5 6 】

電極の形成に際して、後述するヒートシンクとの接合を前提に、電極構造における歪みの発生を抑制することが好ましい。これはヒートシンクと半導体発光素子とが、特に、ハンダ材によって接合される際に発生する外因的歪みが活性層近傍に加わり、これによって素子の寿命特性が劣化することを防ぐ目的で行なわれる。この歪みの原因の一つとして、最表面層にある A u 電極層がハンダ材中に溶け出すことが挙げられる。例えば、A u S n ハンダを使用した場合には、このハンダ材の中に A u 電極が溶け出し、ハンダ中の A u の組成比が上昇し、これが外因的歪みの一因となる。これを回避するためには、上記電極の最表面層に当たる A u 層を薄くすることで、接合時にハンダ材中に溶け出す A u 電極の量を低下させ、外因的歪みの発生を抑制することが可能である。

しかし A u 層が全く存在しない場合には十分な接着強度が得られないため、その厚みは 3 0 n m よりも厚く 1 0 0 n m より薄いことが好ましく、5 0 n m よりも厚く 7 0 n m より薄いことがさらに好ましい。

## 【 0 0 5 7 】

製造した半導体ウエハには、共振器端面を形成する。共振器端面は半導体発光素子の製造工程で通常用いられている方法によって形成することができ、その具

体的な方法は特に制限されない。好ましいのは、劈開により端面を形成していわゆるレーザバーの状態にする方法である。劈開は端面発光型レーザの場合に広く用いられており、劈開によって形成される端面は使用する基板の方位によって異なる。

例えば、好適に利用されるノミナリー (nominally) (100) と結晶学的に等価な面をもつ基板を使用して端面発光型レーザ等の素子を形成する際には、(110) またはこれと結晶学的に等価な面が共振器を形成する面となる。一方、オフ基板を使用するときには、傾斜させた方向と共振器方向の関係によっては端面が共振器方向と  $90^\circ$  にならない場合もある。例えば (100) 基板から、 $[1-10]$  方向に向けて角度を  $2^\circ$  傾けた基板を使用した場合には、端面も  $2^\circ$  傾くことになる。

#### 【0058】

劈開によって素子の共振器長も決定される。一般に共振器長は長い方が高出力動作に適するが、本発明の好適な実施態様である半導体発光素子においては、共振器長の下限としては  $600\ \mu\text{m}$  以上であることが好ましく、 $900\ \mu\text{m}$  以上であることがより好ましい。共振器長が極端に長い半導体発光素子では、しきい値電流の上昇、効率の低下などの特性劣化が発生してしまう。このため共振器長の上限は、 $3000\ \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

#### 【0059】

本発明の半導体発光素子では、露出した半導体端面上さらに誘電体または誘電体および半導体の組合せからなるコーティング層を形成するのが好ましい。コーティング層は、主に半導体発光素子からの光の取出効率を上げ、端面の保護を強化するという2つの目的のために形成される。特に高出力を達成するためには、発振波長に対して低反射率のコーティング層を前端面に施し、発振波長に対して高反射率のコーティング層を後端面に施す非対称コーティングを行うのが好ましい。

#### 【0060】

コーティング層には、様々な材料を用いることができる。例えば、 $\text{AlO}_x$ 、 $\text{TiO}_x$ 、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{Si}$  および  $\text{ZnS}$  からなる群から選ばれる1種また

は2種以上の組合せを用いることが好ましい。低反射率のコーティング層としては $\text{AlO}_x$ 、 $\text{TiO}_x$ 、 $\text{SiO}_x$ 等が、また高反射率のコーティング層としては $\text{AlO}_x/\text{Si}$ の多層膜、 $\text{TiO}_x/\text{SiO}_x$ の多層膜等が用いられる。それぞれの膜厚を調節することによって、所望の反射率を実現することができる。一般に低反射率のコーティング層とする $\text{AlO}_x$ 、 $\text{TiO}_x$ 、 $\text{SiO}_x$ 等の膜厚は、その波長 $\lambda$ での屈折率の実数部分を $n$ とした場合、 $\lambda/4n$ 近傍になるように調整するのが好ましい。また、高反射多層膜もそれを構成する各材料が $\lambda/4n$ 近傍になるように調整するのが好ましい。

## 【0061】

コーティングが終了したレーザバーは、さらに各素子を再度劈開によって分離し、半導体発光素子が完成する。

## 【0062】

本発明の半導体発光装置に含まれる半導体発光素子の製造方法は特に制限されない。いかなる方法により製造されたものであっても、本発明の要件を満たすものであれば本発明の範囲に含まれる。

## 【0063】

本発明における半導体発光素子を製造する際には、従来から用いられている方法を適宜選択して使用することができる。結晶の成長方法は特に限定されるものではなく、ダブルヘテロ構造の結晶成長や電流ブロック層等の選択成長には、有機金属気相成長法（MOCVD法）、分子線エピタキシー法（MBE法）、ハイドライドあるいはハライド気相成長法（VPE法）、液相成長法（LPE法）等の公知の成長方法を適宜選択して用いることができる。

## 【0064】

本発明における半導体発光素子の製造方法としては、まず基板101上にバッファ層102、第1導電型クラッド層103、活性層104および第二導電第一クラッド層105を有するダブルヘテロ構造を形成後、第二導電型第一クラッド層105上に電流ブロック層106を形成し、電流ブロック層106を開口した後、第二導電型第二クラッド層108、コンタクト層109および電極110、111を形成する工程を例示することができる。この例を始めとする様々なレ



ーザの基本的エピタキシャル構造の製法については、例えば特開平 8 - 1 3 0 3 4 4 号公報を参考にすることができる。

この種のレーザは光通信に用いられる光ファイバー増幅器用の光源や、情報処理用の大規模光磁気メモリーのピックアップ光源として用いられ、層構成や使用材料等を適宜選択することによってさらに様々な用途へ応用することもできる。

【 0 0 6 5 】

完成した半導体発光素子はその p 側電極を第一ヒートシンクに、またその n 側電極を第二ヒートシンクに接するように接合することが好ましい。この際に第一ヒートシンクと第二ヒートシンクがその一部で接していることが必須である。この接触は、図 1 に示される様に、半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間においてなされることが重要である。これは以下の様な理由による。

【 0 0 6 6 】

現実問題として、第二ヒートシンクを作製する時に発生する、例えばレーザ搭載面からの A の部分の高さ（図 1 参照）の誤差、あるいは、前述の様な半導体発光素子ごとの厚みの誤差があるため、A の部分の高さを常に半導体発光素子 1 4 の高さと同様に作製することは不可能である。このため、半導体発光素子 1 4 を第一ヒートシンク 1 1 と第二ヒートシンク 1 2 によって挟み、密着性よく熱的に接触させるためには、COS 作製上で、5 0 ~ 1 0 0  $\mu$  m 程度の厚みの誤差を吸収する機構が不可欠である。

【 0 0 6 7 】

このために、第二ヒートシンク A の部分の高さを半導体発光素子 1 4 で想定される高さよりも意図的に低く設定し、かつ、A の部分と第二ヒートシンクの上に搭載した素子の高さとの間の誤差を吸収できるように 2 0 ~ 4 0 0  $\mu$  m 程度の厚みを有する例えばハンダ箔をこの A 上に配置する。さらに、LD を配置し、第一ヒートシンクの一部をハンダ箔上に、またその一部を LD 電極部に乗せる。この結果、初期的には、LD の光の出射方向から見た際には第一ヒートシンクは LD 側が低くなるように斜に搭載された状態となる。この後に、例えば第一ヒートシンク上から荷重を掛け、ハンダ箔を圧着加熱しながら、第一ヒートシンク、半導

体発光素子、第二ヒートシンクを一体化することが望ましい。

【0068】

この際に図1に示されるように半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接するようにすることによって、例えば第一ヒートシンク上から加圧しかつハンダ材を加熱し溶かす前に、当該ハンダ箔、半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクは、接する部分を必ず持つことになり、容易に部材、素子の寸法誤差を打ち消し、半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクの良い接触を実現することが可能となる。

【0069】

例えば、共振器を形成しない二つの側面が、ともに第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接する部分を有する場合は、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクのための接触となるか、あるいは第一ヒートシンクと半導体発光素子のための接触となる可能性が高く、安定した組み立ては不可能である。

このように、素子を第一ヒートシンクと第二ヒートシンクで挟み、かつ、素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクを接触させることにより、安定した組み立てが可能となり、半導体発光素子のエピタキシャル成長を行なった表面側であるp側と基板側であるn側とから同時に熱を取り除くことが現実的に可能となる。この方法は、原理的に、いわゆるジャンクションアップ、あるいは、ジャンクションダウンよりも優れている。

【0070】

本発明の半導体発光装置は、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接触しており、半導体発光素子の発熱を2方向から取り除くものの、最終的にはその一方からこれを逃がすことができる点で有用である。例えば、p側から第一ヒートシンクを用いて取り除いた熱を第二ヒートシンク側の熱的なポテンシャルを下げることで、第一ヒートシンク側に逃がすことができる。このようにすることで、半導体発光素子の2方向から取り除いた熱を、最終的には第一ヒートシンク側一方から取り除くことが可能となる。これは、一方向から熱を逃がすための通常の各

種半導体発光素子パッケージに対しても、整合性を有することから、非常に望ましい。

【0071】

また、図1に示されるように半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において第一ヒートシンクと第二ヒートシンクの接触をとるため、電流導入を光の出射方向に対して、左右から行なうことができるため、各種半導体レーザパッケージに対しても、整合性を有するため、この点も望ましい。さらにこのような素子の搭載方法では素子の後端面から出射される光の妨げになるものがなくPDによるモニタリング機能も保存された上で、素子の放熱性を向上できるという利点がある。

【0072】

最終的な一方向への放熱を効率的に実現するためには、図1に示されている様に第二ヒートシンク側の一部には、さらに第三のヒートシンクを置くことが望ましい。この第三のヒートシンクは第一、第二ヒートシンクよりも大形で、放熱性にすぐれていることが望ましい。これは第一、第二ヒートシンクから伝導される熱を素子の外側の、例えば匡体などに素早く放熱させることができるからである。第三のヒートシンクはこのように、その一方を第二ヒートシンクと、さらにその一方を匡体、あるいは、いわゆる熱電半導体などで構成されたペルチェ素子と接触している場合が望ましい。またこの第三のヒートシンクは半導体レーザモジュールの様な半導体発光装置を考えた際には、放熱の機能のみならず、光出力をモニターするフォトダイオードと、半導体レーザ／第一ヒートシンク／第二ヒートシンクを一体としたCOSを同時に搭載でき、かつ、位置決め等の機能を合わせ持つ場合もある。

【0073】

前記の様に、半導体発光素子に対して第一ヒートシンク、第二ヒートシンクを利用して二方向から放熱させ、さらに第一ヒートシンク、第二ヒートシンクを結合することで、最終的にはその一方から放熱させる構造においては、図2に示されるように、その一方のヒートシンクを半導体発光素子の片方の電極の端面近傍には接触しない構造としても放熱性を確保できる。

## 【0074】

これは、端面近傍の放熱性を確保することと光ファイバーとの結合を両立させることが必要なGaAsを基板としたInGaAs系の高出力半導体レーザにおいて特に有効である。このようなレーザが使用される半導体発光装置である半導体レーザモジュールにおいては、この半導体レーザ前端面と、光ファイバーとを光学的に結合することが必要となる。このため活性層に近い側にある第一ヒートシンクはファイバー端と干渉することが無いように、図3に示されている様に、半導体レーザ前端面部分から後退した部分に、その端が存在するように配置することが望ましい。このようにすることで素子からの良好な放熱性の確保と光ファイバーとの容易な結合を両立させることが可能である。この際、放熱性の観点からは、第二ヒートシンクの端部と半導体レーザの前端面はそろっているか、もしくは半導体レーザの前端面が若干後退していることが望ましい。また光ファイバーの調芯の観点からは第一ヒートシンクの端部は半導体レーザの前端面から15 $\mu$ m以上離れていることが調芯の観点から望ましい。また光ファイバーはその半導体レーザの前端面側が半導体レーザからの光を効率良く受光するためのレンズの効果を有するものであることが望ましい。なお、この図3は光の出射方向を紙面左側としたものである。

## 【0075】

前述のとおり半導体発光素子と第一ヒートシンク、第二ヒートシンク相互には放熱性を十分に確保する観点から接合されていることが望ましく、また、接合には有機物を含む接着剤も用いることができるが、無機物のみから構成される金属単体、あるいは合金のハンダが好適に利用される。ハンダ材としてはAuGe、AuSn、AgSn、PbSn、InSn、SnBi、In等材料を含むハンダが好適である。特にAuSnの共晶ハンダはその安定度から半導体発光素子と第一、第二ヒートシンクを接合させるために最も好ましく利用される。

## 【0076】

図1に示されている様に第一ヒートシンクと第二ヒートシンクの接合部分の近傍には互いのヒートシンクが接触しない部分が存在し、ここに余分なハンダ材が流れ込む様にしておくことが望ましく、またこの部分に流れ込んだハンダ材が半

導体発光素子に接触しないようにしておくことが望ましい。具体的には、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクの接合部分の近傍に半導体発光素子に通じていない空間を設けておき、接合時に余分のハンダ材が該空間に流れ込むようにしておくことが好ましい。

#### 【0077】

一般に前述のとおり、半導体発光素子の素子そのものの厚み、またヒートシンクの厚みは誤差をもっており、図1の様な搭載、すなわち、半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクが互いに平行であるようにするためには、各部品の厚みの誤差を吸収でき、かつそれぞれを一体にできる機能が必要である。このためには意図的にハンダ材の厚みを厚くしておき、これによって、各部品の誤差を吸収することが効果的であって、結果として余ったハンダ材を素子に触れさせることなく分離して溜めてしまう空間が存在することが望ましい。図1に示す態様では、当初、第二ヒートシンクの一部である部分Aにハンダ箔が搭載されており、第一ヒートシンク、第二ヒートシンク、半導体発光素子を一体化した際に第二ヒートシンクの部分Bに接合のために加熱され溶け出したハンダの一部が流れ込んだ様子を示している。ハンダ溜めのための空間は、第二ヒートシンクに凹部として形成してもよいし、第一ヒートシンクに凹部として形成してもよいし、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクの両方に凹部として形成してもよい。その形状は、特に限定されないが、余分なハンダが流れ込みやすく、逆流しない構造であることが好ましい。好ましいのは、少なくとも第二ヒートシンクの一部に凹部を形成した態様である。

#### 【0078】

なお、上述のようにハンダが半導体発光素子と接触してしまわないようにするためには、前記のハンダ溜まりを構造的に作りこむ方法だけでなく、ヒートシンクの一部に意図的にハンダの濡れ性を低下させる部分を設けておき、これによって、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクを接合するハンダが、半導体発光素子が搭載される部分に流れ込まないようにすることも可能である。

具体的には、ヒートシンクの多くはセラミック材であるため、図1に示すように金属層からなる濡れ性改善層19を設け、この層の上にハンダが搭載されるよ

うにするのが一般的である。セラミック部分が表面に露出している場所では、金属層が表面となっている部分と比較してハンダの濡れ性が極端に低下する。そこで、このような特徴を利用して、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクを接合するためのハンダが半導体発光素子が搭載される部分に流れ込まないようにすることができる。

## 【0079】

濡れ性改善層は、接合時に余ったハンダ材がハンダ材を流入させるための空間に流れ込むのを促進しうる位置に適用する。特に、ハンダ材が確実に空間に流れ込み、半導体発光素子側に流れ出ないように適用することが好ましい。その具体的な態様としては、図1に示すものの他に、図6に示すものを例示することができる。図6(A)は、余分なハンダ材が図面の左側方向に傾斜伝いに流れ込むようにするために、傾斜に沿って濡れ性改善層を設けたものである。ここでは、半導体発光素子に近い側である傾斜の上端部近傍には、敢えて濡れ性改善層を設けず、ハンダ材が半導体発光素子方向に流れないようにしてある。図6(B)～(D)についても、同様に濡れ性改善層を形成した部分に余分なハンダ材が溜まるか、あるいはその部分を伝ってハンダ溜めに流れ込むように構成されている。これらの構造は、1つのヒートシンクに複数個形成してもよい。その場合は、複数の構造がそれぞれの異なる態様であっても構わない。

## 【0080】

本発明では、半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部が第一の接着剤（好ましくはハンダ材）を介して第一ヒートシンクに接し、かつ、第一ヒートシンクの少なくとも一部が第二の接着剤（好ましくはハンダ材）を介して第二ヒートシンクに接しており、かつ、前記第二の接着剤の総重量が、前記第一の接着剤の総重量の2倍以上であることが好ましく、5倍以上であることがより好ましい。このように接着剤の重量に差をつけることによって、上述のように製造時に半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクが互いに平行であるように調節しやすいという利点がある。

## 【0081】

ヒートシンクは熱伝導性にすぐれ、かつ、半導体発光素子等の素子と熱膨張係

数等が近いものが望まれ、具体的にはAlN、SiC、CuW、Cu、ダイヤモンド、BN、コバールを含むことが望ましい。

一般にはヒートシンクの母材となるような上記材料の中には導電性を有するものと、絶縁物があり、これら材質は必要に応じて使い分けることが可能である。また、絶縁物であっても、そのヒートシンクの外面全体を金属などの導電性物質で被うことによって、実効的な導電性を持たせることも可能となる。

#### 【0082】

一般には第二ヒートシンクは第三ヒートシンクとの間で電氣的絶縁を持たせた方が良く、第一また、第二ヒートシンクの素子の搭載面内では素子との間で導電性を持たせた方が望ましい。さらに第一ヒートシンクは素子の接触面以外の面と接触面の間で、導通が確保されていることが望ましい。これは図1の様に第二ヒートシンクの素子搭載面上面にワイヤーを張ることによって、電流を容易に半導体発光素子に注入することが可能であり、かつ、半導体発光素子の接地を第三ヒートシンク等と分離することが可能であるからである。図1に示された例では17、11、14、第二ヒートシンクの14に接している部分である16、18の順に電流を流すことが可能となる。

#### 【0083】

本発明は高出力半導体レーザに好適に利用されるが、このため、大電流を半導体発光素子に注入できるほどの導線が必要である。この導線はCOSと外部を電氣的に接続するもので、COS上では超音波による融着によって電氣的接触がとられることが望ましい。

一般に大電流を流すためにこの導線は、その直径が太いことが望ましいが、例えば半導体発光素子上の第一ヒートシンク上に大口径の導線を融着させるためには、強力な超音波が必要である。このため、このような工程によって、半導体発光素子が破壊、あるいはその寿命特性に悪影響が与えられてしまう可能性がある。

#### 【0084】

このため、特にCOSの一部に直接接触する導線は、素子にダメージを与える事のない超音波強度で融着が可能な、直径が30  $\mu$ m以下のものであることが望

ましく、さらに大電流の注入にたえるために、少なくとも複数本の導線が、1対の短絡されていない部分同士を短絡するために用いられることが望ましい。

#### 【0085】

この導線は金をその主要な構成元素として含む金線であることが望ましい。一般に金線には、その強度を確保するために銅等の不純物が意図的に混入されているのが普通であり、このため導線であるいわゆる金線が純粋に金である場合はまれである。このようないわゆる金線においては $25\mu\text{m}$ 径のもので、電流注入による破断は $0.5\sim 1\text{A}$ 程度で起る事が有り、高出力レーザにおいては、複数本の導線で電流注入経路を確保することが望ましい。例えば $2\text{A}$ 程度の電流注入が見込まれる素子であれば $25\mu\text{m}$ 径の金線3本を用いて導通を確保することが望ましい。

#### 【0086】

##### 【実施例】

以下に実施例と比較例を挙げて本発明の特徴をさらに具体的に説明する。以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す具体例により限定的に解釈されるべきものではない。また、以下の実施例において参照している図面は、構造を把握しやすくするために敢えて寸法を変えている部分があるが、実際の寸法は以下の文中に記載されるとおりである。

#### 【0087】

##### (実施例1)

図1にその光の出射方向からの断面図、図2にそのp側電極からの模式図が示されている、半導体発光装置を以下の手順で作製した。

まず、図4に示されたグループ型のレーザ素子を作製した。キャリア濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のn型GaAs基板(1)の(100)面上に、MBE法にて、バッファ層(2)として厚さ $1\mu\text{m}$ でキャリア濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のn型GaAs層；第一導電型クラッド層(3)として厚さ $2.2\mu\text{m}$ でキャリア濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のn型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ 層；次いで、厚さ $30\text{nm}$ のアンドープのGaAs光ガイド層上に、厚さ $6\text{nm}$ のアンドープ $\text{In}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層2



層が、厚さ10nmのアンドープGaAsで分離された二重量子井戸(DQW)、さらにその上に厚さ30nmのアンドープGaAs光ガイド層を有する活性層(4)；第二導電型第一クラッド層(5)として厚さ0.1μmでキャリア濃度 $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As層；電流ブロック層(7)として厚さ0.5μmでキャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のn型Al<sub>0.39</sub>Ga<sub>0.61</sub>As層；キャップ層(8)として厚さ10nmでキャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のn型GaAs層を順次積層した。

## 【0088】

最上層の電流注入領域部分を除く部分に窒化シリコンのマスクを設けた。このとき、窒化シリコンマスクの開口部の幅は1.5μmとした。これをマスクとして25℃で32秒間エッチングを行い、電流注入領域部分のキャップ層(8)と電流ブロック層(7)を除去した。エッチング剤は、硫酸(98wt%)、過酸化水素(30wt%水溶液)および水を体積比で1:1:5で混合した混合液を使用した。

## 【0089】

その後、MOCVD法にて第二導電型第二クラッド層(6)としてキャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のp型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As層を埋め込み部分(電流注入領域部分)の厚さが2.2μmになるように成長させた。さらに、電極との良好な接触を保つためのコンタクト層(9)として、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ のp型GaAs層を厚さ3.5μmになるように成長させた。

p型電極(11)としてTi/Pt/Auそれぞれを70nm/70nm/80nm蒸着させ、この後に350μm厚であった基板を120μmになるようにポリッシングし、さらに、基板側にはn型電極(10)としてAuGeNi/Auそれぞれを150nm/80nm蒸着させ、400℃で合金化を5分間行って半導体レーザ用のウェハーを完成させた。

なお、完成した半導体レーザの電流注入領域の幅Wbは2.2μmであった。

## 【0090】

続いて、大気中で、共振器長1000μmのレーザバーの状態に劈開して(110)面を露出させ、AlOx膜を発振波長980nmにおいて前端面の反射率

が 2.5 % になるように 165 nm 製膜し、コーティング層を形成した。さらに後端面側の処理を行うために、厚さ 170 nm の AlOx 層 / 厚さ 60 nm のアモルファス Si 層 / 厚さ 170 nm の AlOx 層 / 厚さ 60 nm のアモルファス Si 層の 4 層からなるコーティング層を形成し、反射率 92 % の後端面を作製した。

#### 【0091】

コーティング終了後半導体レーザバーを二次劈開し、この後に、図 1、図 2 に示されているように半導体レーザに対して以下の手順で電流注入と放熱性の機能を付加し、半導体発光装置を完成させた。

第二ヒートシンクとして、厚み方向には導電性をもたない AlN サブマウントを準備した。この第二ヒートシンクの濡れ性改善層部分、レーザ搭載面内と、さらに、これに平行な面には、あらかじめ面内だけの導電性を確保するために Ti / Pt / Au 層を蒸着し、さらに、レーザ搭載部分のみに Au Sn ハンダをこの Ti / Pt / Au 層の上から蒸着しておいた。一方、第一ヒートシンクとしては厚み方向に導電性を持たせるために Ti / Pt / Au 層で全ての面を被った AlN サブマウントを準備し、レーザ接触面全体には Au Sn ハンダをこの Ti / Pt / Au 層の上から蒸着しておいた。

#### 【0092】

先ず常温において、半導体レーザ素子の n 側電極が第二ヒートシンクと接触するように、その端と半導体レーザの前端面をそろえて搭載し、次いで、濡れ性改善層上に厚みが 85  $\mu$ m の Au Sn ハンダを置き、さらに第一ヒートシンクを、その端部が図 2 の様に半導体レーザの端面から 25  $\mu$ m 後方になるように配して、85  $\mu$ m の Au Sn ハンダ、また p 側電極の一部と接触させるように搭載し、30 g の過重をかけたまま温度を 290 度に昇温させ、第一ヒートシンク、第二ヒートシンク、半導体レーザを一体化し半導体発光装置である COS を作製した。この際に、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクの接触部分から余分な Au Sn ハンダが図 1 の様に非接触部分に流れこむことを確認した。さらに、第三のヒートシンクとして CuW を含む電流導入用のステムを準備し COS を第二ヒートシンクの底部が第三のヒートシンクに接触するように再度 Au Sn ハンダを使用

して接合した。この後に p 側には Ti / Pt / Au 層で被われた第一ヒートシンク上に 3 本ずつ 25  $\mu$ m 径の金線を超音波融着し、また n 側においては第二ヒートシンクの Ti / Pt / Au 部分に同様に、3 本ずつ 25  $\mu$ m 径の金線を超音波融着し、電流導入が可能であるようにした。さらに窒素雰囲気において封止を行い、半導体発光装置であるキャンパッケージを完成させた。

図 5 に、25℃における 1.5 A まで電流を注入した際の本キャンパッケージの電流光出力特性を示す。しきい値電流 20.7 mA、スロープ効率 0.91 mW / mA、最大光出力 674 mW、最大光出力を与える電流値 1115 mA であった。

【0093】

(実施例 2)

図 3 に示される様に第三のヒートシンクとして CuW の薄板を準備し、この下にはペルチェ素子を配し、また半導体レーザの前端面側に先端が楔型をしたファイバーレンズ (21) を有する光ファイバー (20) を実装し、バタフライパッケージとし、また第二ヒートシンクに対する半導体レーザの搭載位置を 10  $\mu$ m ほど後端面側とした以外は実施例 1 同様にして半導体発光装置を作製した。25℃において、ファイバー端から出射される光に対して、しきい値電流 18.5 mA、スロープ効率 0.71 mW / mA であった。

【0094】

(比較例 1)

第一ヒートシンクを用いず、第一導電型導線を直接半導体レーザの p 側電極に融着した以外は実施例 1 と同様にして、半導体発光装置を完成させた。25℃における 1.5 A まで電流を注入した際の本キャンパッケージの電流光出力特性を図 5 に示す。しきい値電流 20.8 mA、スロープ効率 0.83 W / A、最大光出力 626 mW、最大光出力を与える電流値 970 mA であった。

【0095】

(比較例 2)

第一ヒートシンクを用いず、第一導電型導線を直接半導体レーザの p 側電極に融着した以外は実施例 2 と同様にして、半導体発光装置を完成させた。25℃に

において、ファイバー端から出射される光に対して、しきい値電流 18.9 mA、スロープ効率 0.65 mWであった。

【0096】

【発明の効果】

本発明の半導体発光装置は、半導体発光素子に対して優れた放熱機能が与えられており、半導体発光装置を構成する部材あるいは素子に寸法誤差が存在していても容易にかつ非常に再現性よく組み立てることが可能である。また、光ファイバー等との光学的結合も容易であることから、本発明の半導体発光装置は半導体モジュール等として広範囲に応用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の半導体発光装置の一態様を光の出射方向から見た模式図である。

【図2】 図1に示された本発明の半導体発光装置の一態様を第一導電型用電極側から見た模式図である。

【図3】 本発明の半導体発光装置の一態様を光の出射方向を紙面右側にとり、描いた模式図である。

【図4】 本発明の化合物半導体発光素子の一態様を示す断面図である。

【図5】 実施例1と比較例1の化合物半導体発光装置の電流光出力特性の比較である。

【図6】 濡れ性改善層を適用した第二ヒートシンクの例を示す模式図である。

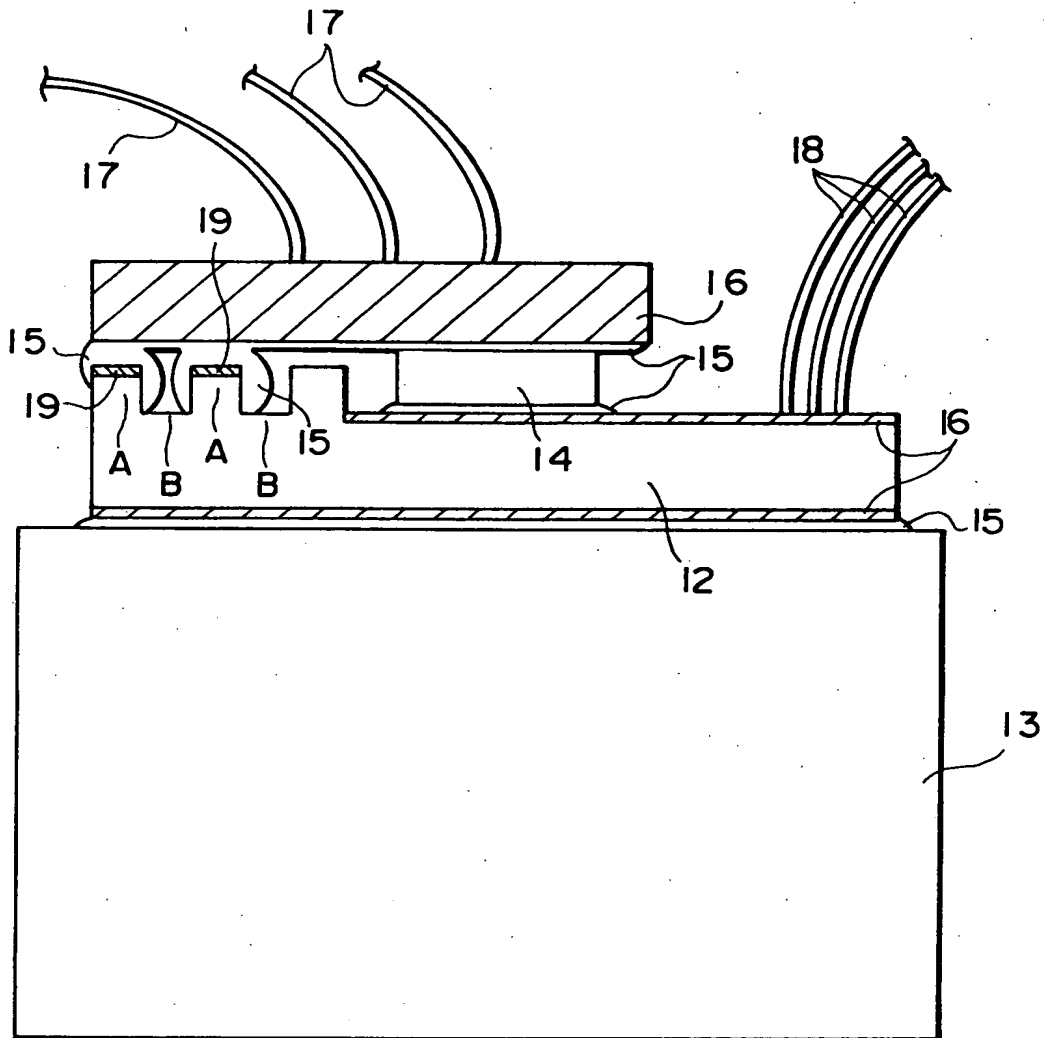
【符号の説明】

- 11 第一ヒートシンク
- 12 第二ヒートシンク
- 13 第三ヒートシンク
- 14 半導体発光素子
- 15 ハンダ材
- 16 導電性部分
- 17 第一導電型側の導線
- 18 第二導電型側の導線

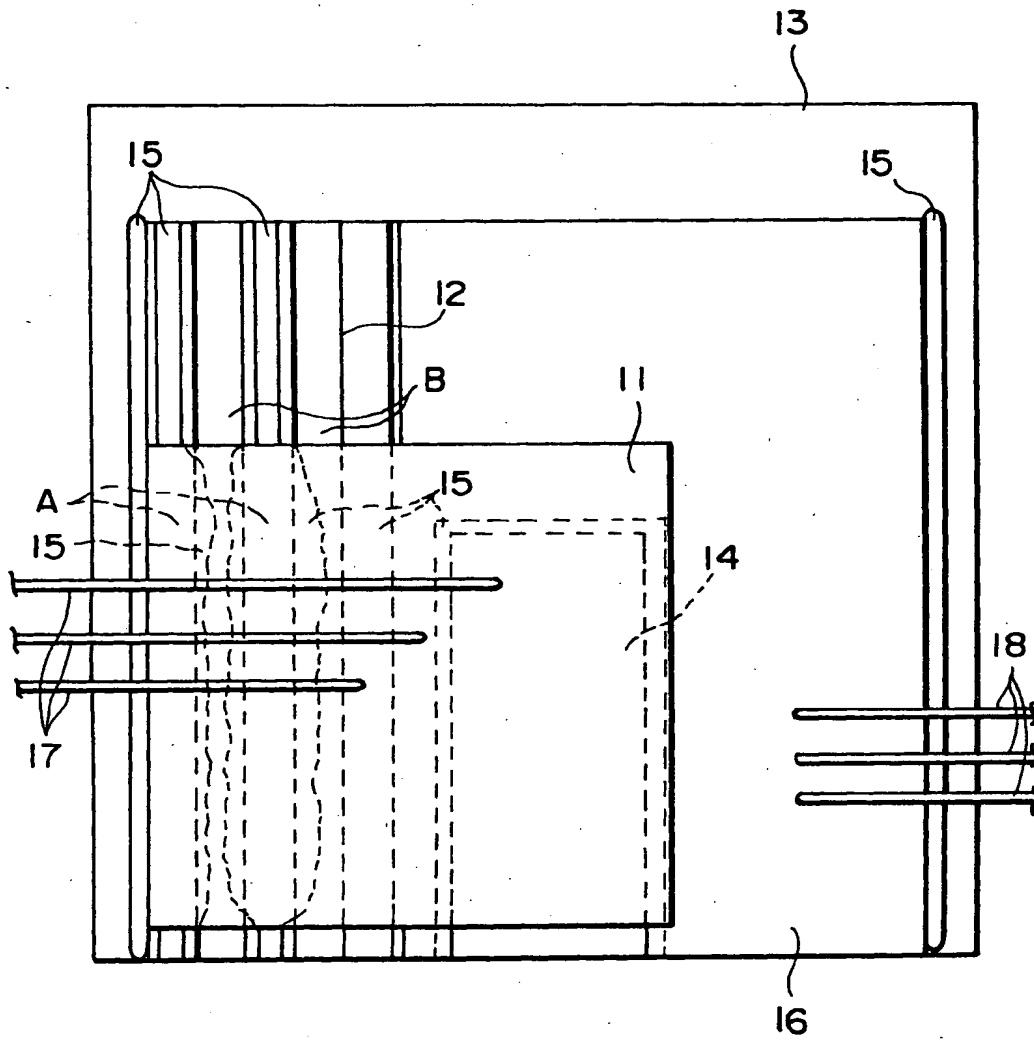
- 1 9 濡れ性改善層
- 2 0 光ファイバ
- 2 1 ファイバレンズ
- 1 0 1 基板
- 1 0 2 バッファ層
- 1 0 3 第一導電型クラッド層
- 1 0 4 活性層
- 1 0 5 第二導電型第一クラッド層
- 1 0 6 電流ブロック層
- 1 0 7 キャップ層
- 1 0 8 第二導電型第二クラッド層
- 1 0 9 コンタクト層
- 1 1 0, 1 1 1 電極

【書類名】 図面

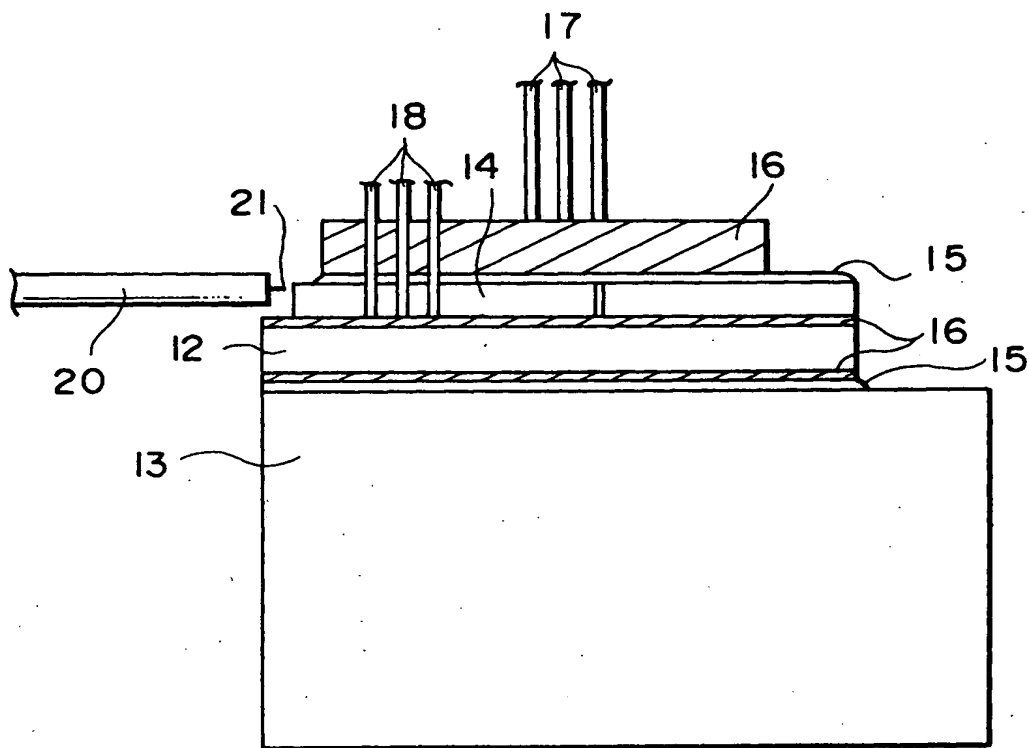
【図 1】



【図 2】

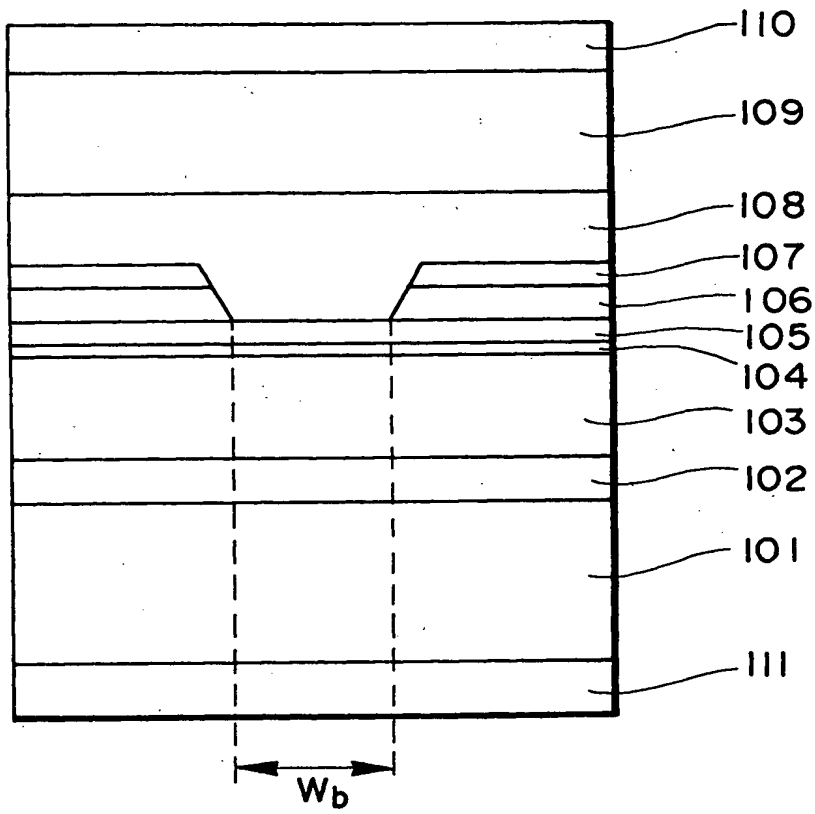


【図3】

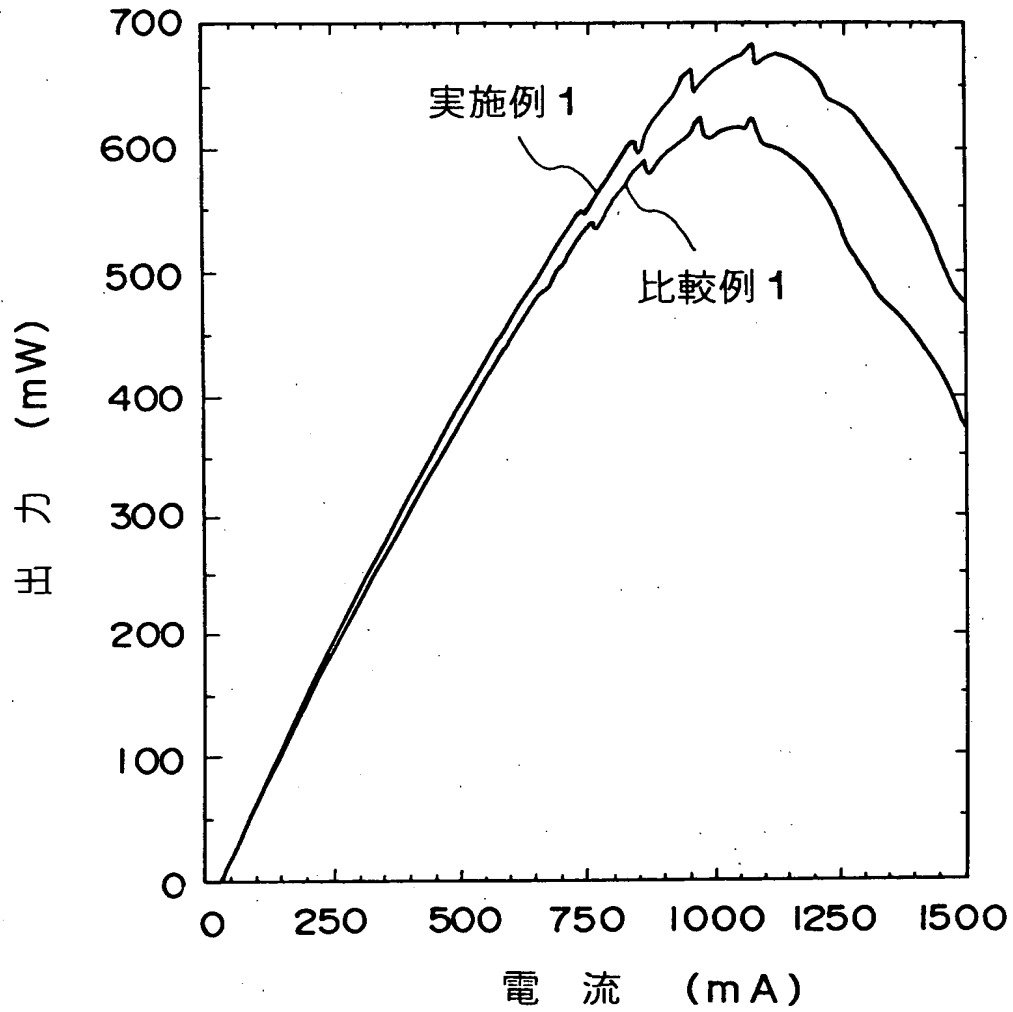




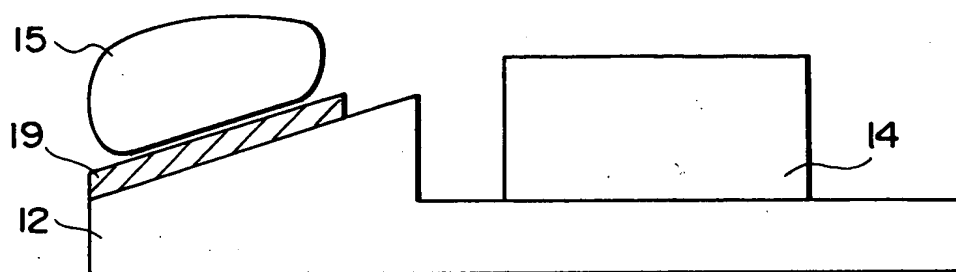
【図 4】



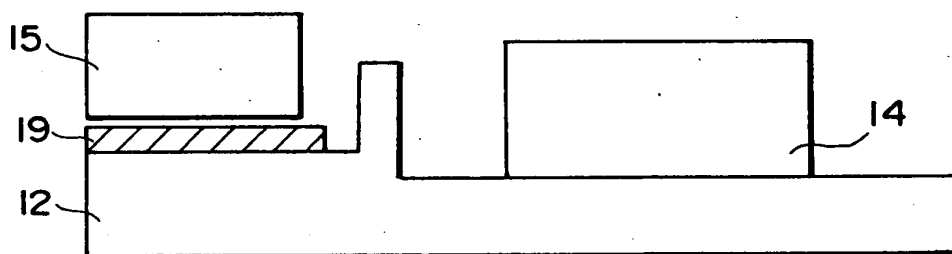
【図 5】



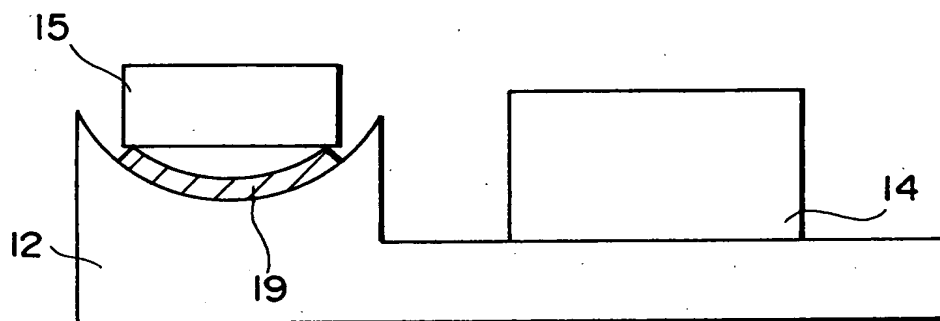
【図 6】



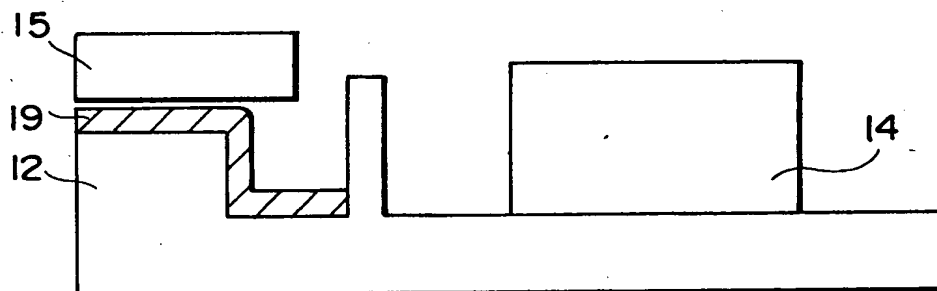
(A)



(B)



(C)



(D)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体発光素子に対して優れた放熱機能が与えられており、半導体発光装置を構成する部材あるいは素子に寸法誤差が存在していても容易にかつ非常に再現性よく組み立てることが可能であり、さらに光ファイバー等との光学的結合も容易である半導体発光装置を提供すること。

【解決手段】 少なくとも、一つの端面発光型の半導体発光素子、第一ヒートシンク、第二ヒートシンクを有する半導体発光装置において、当該半導体発光素子の第一導電型側の電極の少なくとも一部が第一ヒートシンクに接し、かつ、当該半導体発光素子の第二導電型側の電極の少なくとも一部が第二ヒートシンクに接し、かつ、半導体発光素子の共振器を形成しない二つの側面のうち一方の側面のみを見込む空間において、第一ヒートシンクと第二ヒートシンクが接していることを特徴とする半導体発光装置。

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005968]

1. 変更年月日 1994年10月20日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目5番2号  
氏 名 三菱化学株式会社